

PAT-NO: JP407106238A ✓
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 07106238 A
TITLE: MANUFACTURE OF SEMICONDUCTOR DEVICE
PUBN-DATE: April 21, 1995

INVENTOR-INFORMATION:
NAME
SATO, YASUHIRO

ASSIGNEE-INFORMATION:
NAME COUNTRY
RICOH CO LTD N/A

APPL-NO: JP05267982
APPL-DATE: September 29, 1993

INT-CL (IPC): H01L021/027, G03F007/20 , G03F007/26 , H01L021/312

ABSTRACT:

PURPOSE: To make it possible to form a resist pattern on a stepped wafer with a margin of the focal point on the wafer.

CONSTITUTION: A photoresist layer 1 having a thickness of 1 μ m is formed on a stepped base substrate and a polyvinyl alcohol film is applied to the layer 1 as a transparent film 3, which is transparent to an exposure beam, has a refractive index larger than that of the atmosphere around the periphery of a wafer and consists of a material close to the material for the layer 1, in such a way that its surface is formed flatly. Exposure is performed using a stepper. The film 3 is water-soluble and is removed during developing.

COPYRIGHT: (C)1995, JPO

【特許請求の範囲】

【請求項1】 表面に段差のある基板上にフォトレジスト層を形成し、縮小投影露光機を用いてそのフォトレジスト層を露光するリソグラフィ工程を含む半導体装置の製造方法において、
基板上に形成されたフォトレジスト層上に基板周辺の雰囲気よりも屈折率が大きく、露光ビームの波長に対して透明な材質の膜を、基板表面の段差を平坦化しうる厚さに形成した後に露光を行なうことを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項2】 フォトレジスト層上に形成される前記透明膜として現像液に可溶な材質の膜を使用し、露光後の現像の際にその透明膜を除去する請求項1に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項3】 フォトレジスト層上に形成される前記透明膜としてフォトレジストとほぼ同じ屈折率の膜を用いる請求項1又は2に記載の半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明はフォトリソグラフィ工程を含んで半導体装置を製造する方法に関し、特に基板上に形成されたフォトレジスト層に縮小投影露光法により露光を行なうリソグラフィ工程を含む半導体装置の製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】半導体装置の製造に含まれるリソグラフィ工程では、縮小投影露光機（ステッパー）が一般に用いられている。縮小投影露光機では露光ビームの波長、露光機の光学系の開口数（NA）、フォトレジスト性能などにより解像度や焦点深度が決まる。半導体装置のパターンがますます微細化され、高集積化されるにともなう解像度と焦点深度を向上させるために露光ビームが短波長化され、高NA化が図られ、現在では光源としては水銀ランプのi線が用いられ、NAの値は0.5～0.6にされるのが一般的である。

【0003】しかしながら、このような縮小投影露光機を用いても、要求される露光パターンの微細化にともない、焦点深度が1μm程度しか確保できないような場合も生じてきている。パターンを形成する半導体ウエハの表面にはかなりの段差があり、また縮小投影露光機のオートフォーカスの再現性などから、安定して微細なパターンを形成するためにはある程度の焦点余裕が必要となる。1μm程度の焦点深度では殆ど余裕が確保できないため、大きな段差のあるウエハ上でのパターン形成は困難である。例えば、MOSトランジスタをウエハに形成する場合、コンタクトホールを形成する工程を考えると、シリコン基板上にゲート酸化膜を介してゲート電極を形成し、シリコン基板にはソース領域とドレイン領域を形成した後、層間絶縁膜を形成し、その上にフォトレジスト層を形成する。コンタクトホールは活性領域にあ

るソース・ドレイン領域の上部と、ゲート電極から素子分離用フィールド酸化膜上につながる配線の上部とに同時に形成する必要がある。ソース・ドレイン領域上の上部とフィールド酸化膜上の配線の上部とでは段差があり、この段差は層間絶縁膜によって多少平坦化されるものの、レジストパターンを形成する時点でも依然としてかなりの段差が残っている。段差が0.6μmならばパターン解像のためには最低0.6μmの焦点深度が必要であり、0.8μmの焦点深度を確保することのできる露光パターンであれば0.2μmの焦点余裕があることになる。しかし、量産に適用するためには様々な要因から大きな焦点余裕が必要になり、この余裕を光学系の焦点深度のみで確保しようとすれば1.5μm程度の光学系焦点深度が必要になる。

【0004】この問題を解決するために、光源としてKrFやArFエキシマレーザを用いて露光ビームの波長をさらに短波長化したり、変形照射法や位相シフト法などの様々な超解像技術を用いて焦点深度を拡大することが考えられているが、短波長化についてはレジスト材料などの問題があり、また様々な超解像技術についてもその効果が特定のパターンに限られるというような問題がある。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】このような事情から、現在使用されているプロセスをなるべく活かすことができ、今後要求される微細なパターンにも対応しうる安定なプロセスが必要とされている。また、素子パターンの微細化と高集積化にともなう他の問題としてアライメント精度が挙げられる。現在の縮小投影露光機のアライメント精度は3σ（σはアライメント誤差の分散）では0.2μm程度であるが、実際にはアライメントマーク周囲の状態などによりアライメント精度はこれよりも低下する。その一例として、層間絶縁膜やレジスト層などの膜厚がアライメントマークの周囲で非対称に形成されることが挙げられる。

【0006】本発明は従来のリソグラフィプロセスを活かして露光パターンに対する焦点深度が十分確保できない場合でも、段差のあるウエハ上で焦点に対する余裕をもってレジストパターンを形成することのできる方法を提供することを目的とするものである。本発明の他の目的はアライメント精度の低下を防ぐことである。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明では、表面に段差のある基板上にフォトレジスト層を形成し、縮小投影露光機を用いてそのフォトレジスト層を露光するリソグラフィ工程を含む半導体装置の製造方法において、露光の際の焦点に対する余裕を大きくするために、基板上に形成されたフォトレジスト層上に基板周辺の雰囲気よりも屈折率が大きく、露光ビームの波長に対して透明な材質の膜を、基板表面の段差を平坦化しうる厚さに形成し

3

た後に露光を行なうようにする。

【0008】フォトレジスト層上に形成される透明膜は、レジスト材料のように溶剤に溶解はするがレジスト材料とは異なり感光性をもたない材質である。そのような材料としてはポリビニルアルコールや、ノボラック系樹脂などを用いることができる。好ましい態様では、ポリビニルアルコールのように現像液に可溶性の膜を使用し、露光後の現像の際にその透明膜を除去する。また、本発明では、アライメント精度の低下を防ぐために、フォトレジスト層上にフォトレジストとほぼ同じ屈折率の透明膜を形成する。

【0009】図1により本発明で段差のあるウエハ上で焦点に対する余裕が出ることを説明する。(A1)はウエハの下地基板2上にフォトレジスト層1を形成し、縮小投影露光機を用いて露光する場合を示している。4は露光ビームである。通常、露光ビーム4は露光光学系の開口数NAで決まる角度 θ でウエハ上に照射される。NA=0.54とすれば $\theta=32.7$ 度である。焦点位置からウエハがずれるとこの角度 θ で決まる量だけ光が広がる。

【0010】図の(A2)は段差のある基板上のフォトレジスト層1に露光する場合を示している。一例として、シリコン基板21の表面の素子分離用フィールド酸化膜22で分離された活性領域12にソース・ドレイン領域が形成されており、フィールド酸化膜22上にはゲート電極につながるポリシリコン配線23が形成されている。基板21上には層間絶縁膜24が形成され、層間絶縁膜24上にフォトレジスト層1が形成されている。いま、フォトレジスト層1の表面の段差部の高い部分に縮小投影露光機による露光ビームの焦点が合わせられて

4

学系のNAで決まる大きさ Δ だけ露光ビーム4が広がる。段差が大きい場合はこの広がり Δ が大きくなり、段差の低い部分ではパターンを解像することができなくなる。

【0011】図1の(B1)は本発明によりフォトレジスト層1上に露光ビームの波長で透明で、屈折率nがウエハ周辺の雰囲気屈折率 n_0 よりも大きい透明膜3を形成して露光する場合を示している。この場合、ウエハに照射された露光ビーム4は透明膜3で屈折されてからレジスト層1に入射する。このときのレジスト層1に照射される光の入射角 θ' は

$$\theta' = \sin^{-1}(n_0/n \cdot \sin \theta)$$

となり、光学系のNAで決まる角度 θ より小さくなる。

【0012】図2の(B2)は本発明により(A2)と同じ下地基板上に透明膜3を形成して露光する場合を示している。透明膜3はウエハ段差を完全に平坦化できる程度の厚さに形成されている。この場合も(A2)と同様にフォトレジスト層1の段差の高い部分に焦点を合わせているものとする。レジスト層1上の透明膜3中での光の拡がりの角度 θ' が露光光学系のNAで決まる角度 θ より小さくなっているため、段差の底部での光の拡がり Δ' は Δ よりも小さく抑えられる。このため、(A2)の場合では段差の下部で光が拡がりすぎて解像できないような場合でも(B2)では露光パターンを解像させることができる。このことは、透明膜3を設けることによってフォトレジスト層1の表面の段差dが見掛け上 d' に小さくなったことと等価である。ここで、見掛けの段差 d' を計算すると次のようになる。

【0013】

【数1】

5

6

光学系 NA $A = \sin \theta$ (1)通常入射角 $\theta = \text{SIN}^{-1}(A)$ (2)膜屈折率 n ウェハ周辺雰囲気屈折率 n_0 露光パターンの焦点深度 dof (3)膜入射角 $\theta' = n_0 \sin \theta = n \sin \theta'$ (4) $\theta' = \text{sin}^{-1}(n_0 \sin \theta / n)$ (5)段差 d での光の拡がり Δ 、 Δ' $\Delta = d \cdot \tan \theta$ (6) $\Delta' = d \cdot \tan \theta'$ (7)・見かけの段差 d' (1)より $d = \Delta / \tan \theta$ $d' = \Delta' / \tan \theta$ $= d \cdot \tan \theta' / \tan \theta$ $= d (\sin \theta' / \sin \theta) (\cos \theta / \cos \theta')$ $= d (n_0 / n) \sqrt{1 - \sin^2 \theta} / \sqrt{1 - (n_0 / n)^2 \sin^2 \theta}$ $= d (n_0 / n) \sqrt{(1 - A^2) / (1 - (n_0 \cdot A / n)^2)}$ (8)・段差 d の場合の焦点余裕(通常 δ 、レジスト上に透明膜を形成した場合 δ') $\delta = \text{dof} - d$ $\delta' = \text{dof} - d'$

【0014】段差が d の場合の焦点余裕を δ とすると、フォトレジスト層上に透明膜3を設けた場合の焦点余裕 δ' は次のように表される。

 $\delta = \text{dof} - d$ $\delta' = \text{dof} - d'$

この結果に基づいて計算すると、レジスト層上の透明膜3の屈折率 n が1.5で、光学系の $\text{NA} = 0.54$ ($\theta = 32.7^\circ$) の縮小投影露光機を使用し、露光パターンの焦点深度 dof が $1.2 \mu\text{m}$ の場合、透明膜3がない場合に解像できる段差の限界は $1.2 \mu\text{m}$ であるが、透明膜3を設けた場合は $\theta' = 21.1^\circ$ となるため、式(6)、(7)から段差の限界は約 $2 \mu\text{m}$ になる。

【0015】同じ大きさの段差をもつ基板で焦点合わせの余裕を図2によって比較する。(A)は透明膜を設けない場合で、ウェハ上の段差を $1 \mu\text{m}$ とすれば通常のプロセスでは焦点余裕 δ は $0.2 \mu\text{m}$ しかない。しかし、(B)のようにレジスト層1上に透明膜3を設けた場合は焦点余裕 δ' は約 $0.6 \mu\text{m}$ と大きくなる。

【0016】図3によりアライメント精度に対する作用を説明する。アライメントマーク15の周辺でフォトレジスト層1や酸化膜などが非対称に形成されているものとする。(A)は透明膜を設けない従来の場合であり、アライメントマーク15の位置を測定するために照射される照射光は照射される位置により屈折率が変わるため、アライメントマーク15の位置を誤って検知する。これに対し、(B)のようにレジスト層1上に表面を平*50

*平坦した透明膜3を設けた場合は、透明膜3の屈折率をレジスト層1に近いものとすれば、大気中から透明膜3に入射する光線はウェハ上の位置による屈折率の違いによる影響を受けずにすみ、透明膜3とレジスト層1の間では屈折率差が小さいことによりこの間での屈折による影響を殆ど受けない。したがって、アライメントマーク15上に非対称にレジスト層1や酸化膜が形成されたことによる影響を避けてアライメントマーク15の位置を精度よく検知することができる。

【0017】

【実施例】図4はMOSトランジスタ形成の際のコンタクトホール形成工程でのレジストパターンを形成する工程を示したものである。コンタクトホールはMOSトランジスタのゲート電極23につながる素子分離用フィールド酸化膜22上のポリシリコン配線23aと、活性領域12のソース・ドレイン領域11に形成しなければならない。このとき、配線23上とソース・ドレイン領域11での層間絶縁膜6上での段差を $0.5 \mu\text{m}$ とする。形成するコンタクトホールの大きさを $0.4 \mu\text{m}$ とした場合、i線ステッパーでは焦点深度が $1 \mu\text{m}$ 以下しか確保できない。またコンタクトホールの周辺にはアライメントのための余裕として、ある程度の領域を設けてある。この領域12の大きさはLSIの集積度に大きな影響を及ぼすため、集積度を向上させるためにはなるべく狭くする必要があり、アライメント精度の向上が必要とされる。

【0018】(A)は層間絶縁膜6まで形成した状態である。

(B)そのウエハ上に1 μ m程度の厚さのフォトレジスト層1をスピンコートなどを用いて塗布する。フォトレジスト層1の厚みはレジストのエッチング耐性などから決められる。

【0019】(C)フォトレジスト層1上に露光ビームに対して透明で、屈折率がウエハ周囲の雰囲気よりも大きくてフォトレジスト層1に近い材質の透明膜3を、表面が平坦になるようにスピンコートなどを用いて塗布する。透明膜3としては例えばポリビニールアルコールを用いることができ、ポリビニールアルコールを溶剤に溶かしてスピンコートで塗布する。ポリビニールアルコールの溶剤の量やスピンコートの回転数を調節してフォトレジスト層1の表面の段差を平坦化できるようにする。屈折率は、フォトレジストで約1.6、ポリビニールアルコールで約1.4である。

【0020】(D)縮小投影露光機を用いて露光を行なう。

(E)レジスト上の透明膜3を除去する。

(F)フォトレジスト層1を現像してコンタクトホール16を形成する。

ここで、透明膜3としてポリビニールアルコールを使用した場合には、ポリビニールアルコールは水溶性であり、現像液に溶解するので、透明膜3を除去する工程を別に設けなくても、露光後の現像中に透明膜3が除去される。

【0021】透明膜3によりウエハ表面の段差が0.1 μ mまで低減できたとする。通常の場合の焦点余裕は0.5 μ m(=1.0-0.5)であったものが、0.65 μ m(=1.0-(0.1+0.25))まで増加する。後者の計算結果での0.25 μ mは、(8)式により計算された見掛けの段差d'である。また、アライメントマーク周辺の段差も埋め込むことができるので、アライメント精度も向上する。

【0022】本発明は図4に示されたコンタクトホール

の形成用のレジストパターン形成だけでなく、メタル配線の形成など、下地基板上に段差をもつ場合のリソグラフィ工程に同様に適用することができる。

【0023】

【発明の効果】本発明ではフォトレジスト層上に露光ビームの波長で透明で、屈折率がウエハ周囲の雰囲気の屈折率も大きい透明な膜を基板表面の段差を平坦化しうる厚さに形成した状態で、縮小投影露光法により露光するので、ウエハ周囲の雰囲気の屈折率とレジスト層上の透明膜の屈折率の差を利用することにより、焦点深度があまり確保できないような場合でも、焦点ずれに対する余裕をもって段差のある基板上にフォトレジストパターンを形成することができる。透明膜として現像液に可溶な材質の膜を使用すれば、透明膜を現像中に除去することができ、プロセスを簡略化することができる。透明膜の屈折率がフォトレジスト層の屈折率とほぼ同じになる透明膜を用いることによって、アライメントマーク上にフォトレジストが非対称に形成された場合でもアライメントずれを防ぐことができる。

20 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明を従来の場合と比較して説明する断面図であり、(A1)、(A2)は従来の場合、(B1)、(B2)は本発明の場合である。

【図2】本発明による作用を従来の場合と比較して説明する図であり、(A)は従来の場合、(B)は本発明の場合である。

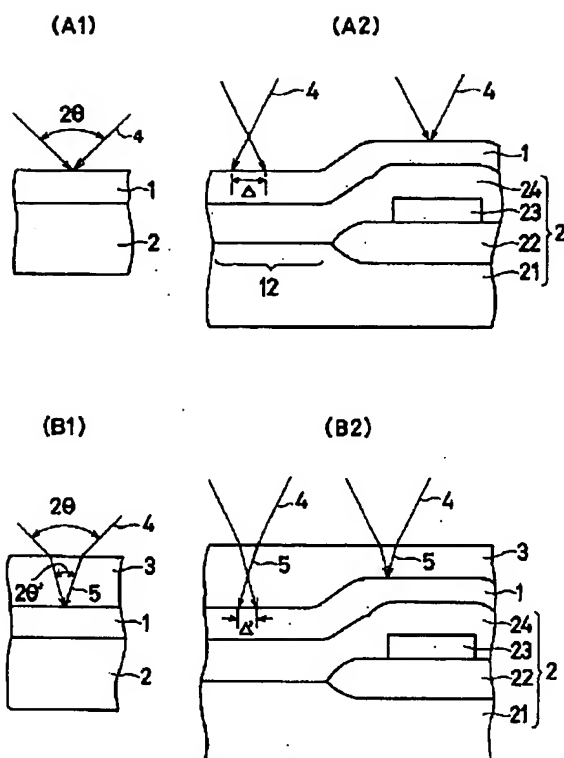
【図3】本発明によるアライメント精度向上の作用を従来と比較して説明する断面図であり、(A)は従来の場合、(B)は本発明の場合である。

30 【図4】本発明をコンタクトホール形成の工程に適用した一実施例を示す工程断面図である。

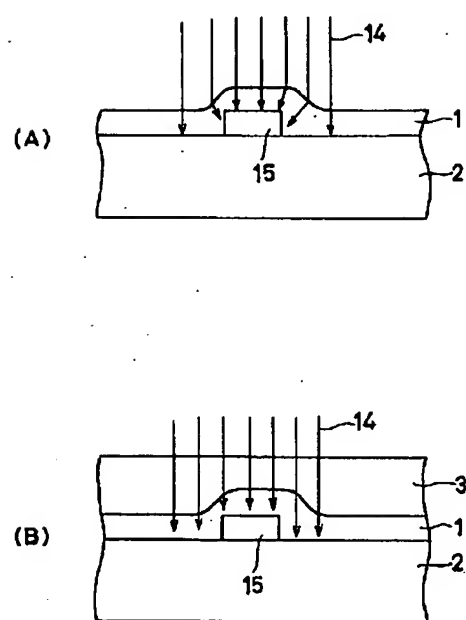
【符号の説明】

- | | |
|---|----------|
| 1 | フォトレジスト層 |
| 2 | 下地基板 |
| 3 | 透明膜 |
| 4 | 露光ビーム |

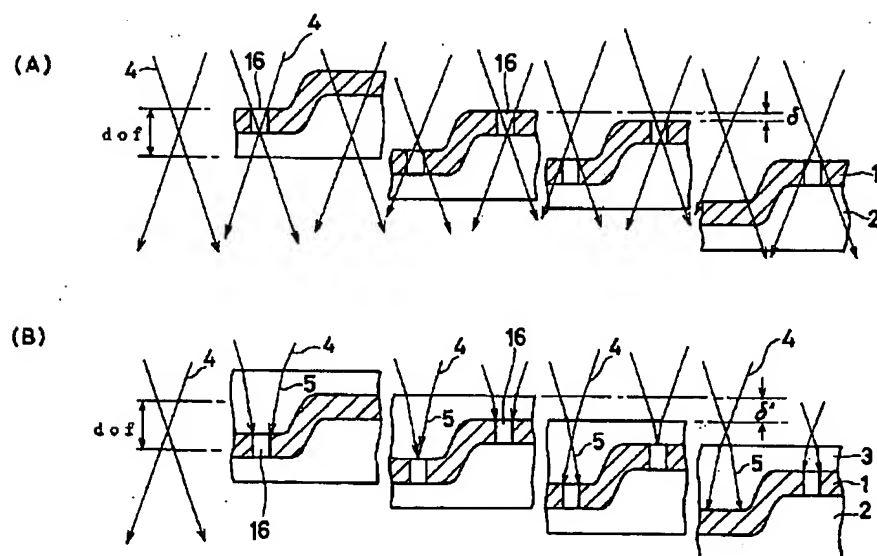
【図1】



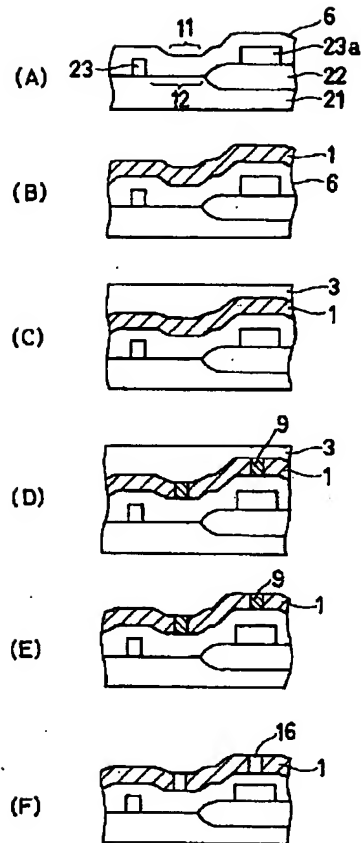
【図3】



【図2】



【図4】



フロントページの続き

(51)Int. Cl.⁶

H01L 21/312

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

A 7352-4M

7352-4M

H01L 21/30

573